

**VORRICHTUNG ZUM BERÜHRUNGSLOSEN TRANSPORTIEREN,
HANDHABEN UND LAGERN VON BAUTEILEN UND MATERIALIEN**

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum berührungslosen oder berührungsarmen Transportieren von Bauteilen oder Materialien entlang einer Transportbahn. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum berührungslosen oder berührungsarmen Handhaben und Lagern von Bauteilen oder Materialien.

10

Um Teile oder Materialien berührungslos oder berührungsarm zu bewegen oder zu halten, sind aus dem Stand der Technik verschiedene Technologien bekannt. Weit verbreitet sind z. B. Transporteinrichtungen, die magnetische Abstoßungskräfte oder Luftpolster nutzen. Luftpolster können mittels
15 Düsenplatten, aus denen Luft ausströmt, erzeugt werden. Eine andere Technologie zur Erzeugung von Luftpolstern ist die Nutzung von Schallwellen.

Aus dem Patentdokument US 5,810,155 ist eine Transportvorrichtung bekannt, die nach dem Schalldruckprinzip arbeitet. Weitere Hinweise zu den
20 Themen Schalldruck und akustische Levitation sind aus der nachfolgend genannten Literatur entnehmbar:

Lierke, E. G.: Vergleichende Betrachtung zur berührungslosen Positionierung von Einzeltropfen in aerodynamischen, akustischen und
25 elektrischen Kraftfeldern. In: Forschung im Ingenieurwesen, Bd. 61 (1995) 7/8, S. 201-216.

Lierke E. G.: Akustische Positionierung – Ein umfassender Überblick über
30 Grundlagen und Anwendungen. In: Acustica 82 (1996), S. 220-237.

Die Vorrichtung nach US 5,810,155 weist eine Förderschiene auf, an deren Anfangsabschnitt ein Schwingungserzeuger (Quelle) angekoppelt ist, der den Anfangsabschnitt der Förderschiene so anregt, daß eine Wanderwelle entsteht. Die so initiierte Wanderwelle breitet sich in Förderrichtung
5 entlang der Förderschiene aus. Am Endabschnitt der Förderschiene ist eine Vorrichtung (Senke) zur Umwandlung der mechanischen Energie der Wanderwelle in elektrische Energie vorgesehen. Diese Vorrichtung verhindert somit eine Reflexion und damit ein Zurücklaufen der Wanderwelle.

10 Wenn auf der Förderschiene Gegenstände liegen, werden diese durch das von der Wanderwelle erzeugte wandernde Luftpolster zwischen der Förderschiene und der Grundfläche des zu befördernden Gegenstandes entlang der Förderschiene in Richtung der Senke bewegt. Versuche haben ergeben, daß es prinzipiell möglich ist, mit dieser Vorrichtung Gegenstände
15 zu transportieren.

Weitere Konstruktionen zum Stand der Technik sind aus den Dokumenten DE 19916922, DE 19916923, DE 19916856 und DE 19916872 entnehmbar.

20

Alle bisher bekannt gewordenen Konstruktionen der Schallelevation im Nahfeld basieren darauf, daß ein Bauteil auf einer schwingenden und somit Schall abstrahlenden Oberfläche berührungsfrei getragen wird, d. h. schwebt. Dazu ist es erforderlich, diese Oberfläche zum Schwingen anzu-
25 regen. Es ist dem Fachmann bekannt, daß das Schwingungsverhalten eines festen Körpers hauptsächlich durch das Material und dessen Abmessungen, d. h. der Form, bestimmt wird. Wenn z. B. für ein Transportsystem eine Transportbahn zum Transport flacher Bauteile konstruiert werden soll, muß diese Transportbahn einerseits als schwingungsfähiges System ausgelegt werden, andererseits jedoch konstruktive Randbedingungen erfüllen, die durch die räumlichen Erfordernisse des gesamten Trans-
30 portsystems vorgegeben sind. Es besteht daher ein Zielkonflikt darin, daß

eine Vorrichtung zum berührungslosen Transportieren, Lagern oder Handhaben nach dem Prinzip der Schallelevation eine vorbestimmte geometrische Form und vorbestimmte Abmessungen aufweisen muß, um die erforderlichen Schwingungseigenschaften zur Levitationserzeugung zu erzielen, und in der Regel eine völlig andere geometrische Form haben sollte, um den Anforderungen als Transportbahn, Lagervorrichtung oder Halte- oder Handhabevorrichtung hinsichtlich der Dimensionierung oder z. B. des Gewichts zu genügen.

- 10 Zur Verdeutlichung dieses Problems wird darauf hingewiesen, daß z. B. eine Transportschiene, bei der das Luftpolster durch Luftdüsen erzeugt wird, dieser Einschränkung nicht unterliegt, da die Luft über nahezu frei gestaltbare Luftkanäle zu den Düsen geleitet werden kann, die ebenfalls in nahezu frei wählbaren Positionen angeordnet werden können. Da jedoch
15 die bei gasförmigen Medien unvermeidbaren Strömungseffekte bei bestimmten Technologien unerwünscht sind, können diese Systeme nicht überall eingesetzt werden.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine Levitationstechnologie mittels
20 Schallschwingungen bereitzustellen, die die Nachteile der vorstehend aufgeführten Technologien vermeidet.

Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung nach Anspruch 1 und einem Verfahren nach Anspruch 17 gelöst.

25

Es wurde eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Schwebezustandes eines Gegenstands durch Schallelevation geschaffen, wobei der Gegenstand wenigstens einen Flächenabschnitt aufweisen muß, der für eine Schallelevation geeignet ist. Das ist vorzugsweise eine harte (schallreflektierende) Fläche, wobei dieser harte Flächenabschnitt über einer schallabstrahlenden
30 Fläche schwebt. Es ist jedoch auch möglich, pulverförmige Stoffe oder Granulate zu levitieren, wobei aber in diesem Fall kein vollkommen berüh-

rungsfreier Schwebezustand erreichbar ist. Erfindungsgemäß weist die Vorrichtung eine starre Stützkonstruktion auf. Diese Stützkonstruktion kann aus frei wählbaren Materialien bestehen, wie z. B. Metall, Kunststoff, Glas, Keramik oder Verbundmaterialien. Auch das Herstellungsverfahren ist frei wählbar, so daß z. B. auch Gieß- und Spritzgießverfahren anwendbar sind. Eine entscheidende Voraussetzung ist, daß die Stützkonstruktion zur Aufnahme von Kräften geeignet ist, die durch Gravitation oder Beschleunigung des schwebenden Gegenstandes auf die Stützkonstruktionsoberfläche einwirken. Weiterhin muß die Stützkonstruktionsoberfläche materialbeständig gegenüber den dynamischen Belastungen durch Levitationsschallwellen sein, die zur Levitation des Gegenstandes oder des Stoffes dienen. Parallel zu der Stützkonstruktionsoberfläche ist ein dünnes schwingungsfähiges Flächenelement angeordnet. Weiterhin sind Schwingungserzeugungsmittel vorgesehen, um dieses Flächenelement derart in Schwingungen zu versetzen, daß es berührungslos über der Stützkonstruktionsoberfläche schwebt. Die Erzeugung der Schwingungen kann auf unterschiedlichste Weise erfolgen, z. B. durch externe oder durch interne Anregung. Als Material für das Flächenelement sind grundsätzlich alle Werkstoffe mit hoher Elastizität und Härte geeignet, wie z. B. Stahlblech, Bleche aus Nichteisenmetalllegierungen, Kunststoffe oder auch Verbundmaterialien, soweit diese extern angeregt werden. Als Material zur inneren Anregung steht z. B. Folie zur Verfügung, die den inversen piezoelektrischen Effekt zur Erzeugung von Schwingungen nutzt. Die Form der Stützkonstruktionsoberfläche muß nicht notwendigerweise plan sein.

25

Durch die erfindungsgemäße Trennung der Funktionen „Tragen“ und „Schwingen“ wurde in der Technologie der Schallelevation ein Paradigmenwechsel erreicht. Es ist erstmalig möglich z. B. eine Transportbahn ohne Rücksicht auf deren Schwingungsverhalten zu konstruieren. Somit ist es möglich, eine Transportbahn hinsichtlich unterschiedlichster Randbedingungen zu optimieren, wie z. B. Gewicht, Resistenz gegenüber aggressiven Medien, Materialkosten usw. Auch bei der Wahl des Materials für das

30

schwingende Flächenelement unterliegt der Konstrukteur nur wenigen Beschränkungen und hat eine große Auswahl an Materialien und Technologien.

- 5 Ein besonderer Vorteil besteht bei solchen Anwendungen oder Technologien, bei denen standardisierte räumliche Verhältnisse vorliegen. Eine typische Technologie hierfür ist die Waferfertigung. Mit der vorliegenden Erfindung ist es somit erstmals möglich, Vorrichtungen bereitzustellen, die an die vorgegebenen räumlichen Verhältnisse dieser Technologie angepaßt
10 werden können.

Nach Anspruch 2 ist das schwingungsfähige Flächenelement ein Metallblech oder eine Kunststoffplatte mit vergleichbaren Schwingungseigenschaften. Das Schwingungserzeugungsmittel ist eine Vorrichtung zur Erzeugung mechanischer Schwingungen, die auf das Metallblech oder auf
15 die Kunststoffplatte übertragen werden.

Nach Anspruch 3 ist das Flächenelement eine elektrisch angeregte Piezofolie. Folien, die den inversen piezoelektrischen Effekt zur Erzeugung mechanischer Dickenschwingungen nutzen, sind dem Fachmann bekannt, so daß
20 zur zweckentsprechenden Auswahl einer Piezofolie für eine vorgesehene technologische Anwendung keine erfinderische Tätigkeit erforderlich ist. Der Vorteil dieser Folien besteht besonders darin, daß die Schwingungsfrequenz in einem sehr weiten Bereich elektrisch einstellbar ist.

25 Nach Anspruch 4 ist das Flächenelement eine magnetostriktiv angeregte Materialfolie. Die Erzeugung elastischer Verformungen magnetostriktiver Materialien im Magnetfeld ist dem Fachmann ebenfalls bekannt. Bei dieser Anwendung sind Elektromagnete vorzugsweise in die Stützkonstruktion
30 integriert, die aus nichtmagnetischem Material besteht.

Nach Anspruch 5 ist das Flächenelement eine elektrostriktiv angeregte Materialfolie, wobei das Material elektrostriktive Eigenschaften aufweist und eine Vorrichtung zur elektrostriktiven Anregung vorgesehen ist.

- 5 Nach Anspruch 6 erfolgt die Einkopplung der Schwingungen mittels einer mechanisch starren Koppelvorrichtung. Es ist besonders vorteilhaft, daß mit einer einzigen Vorrichtung gleichzeitig mehrere Flächenelemente zum Schwingen angeregt werden können.
- 10 Nach Anspruch 7 erfolgt die Einkopplung nicht direkt, sondern erfolgt über ein Zwischenmedium.

- Nach Anspruch 8 ist das Zwischenmedium gasförmig, d. h., ein strömendes Gas erzeugt z. B. in Kontakt mit Randabschnitten des Flächenelements
- 15 Schwingungen.

- Nach Anspruch 9 ist das Zwischenmedium flüssig, d. h., eine strömende Flüssigkeit erzeugt z. B. in Kontakt mit Randabschnitten des Flächenelements Schwingungen.

- 20 Nach Anspruch 10 wird das Flächenelement so angesteuert, das es mit unterschiedlicher Frequenz und/oder Amplitude schwingt. Durch diese Maßnahme können z. B. Amplitudenüberhöhungen erzeugt werden, die den auf einer Transportstrecke geradlinig bewegten Gegenstand zu einer
- 25 Richtungsänderung zwingen.

- Nach Anspruch 11 sind mehrere Flächenelemente angeordnet und selektiv ansteuerbar. Wenn z. B. in einer Transportstrecke mehrere Flächenelemente in einer Ebene und in Richtung der Transportstrecke angeordnet sind,
- 30 kann durch unterschiedliche Ansteuerung der Flächenelemente ebenfalls eine Richtungsänderung erzwungen werden, so daß eine Weichenfunktion erzielt wird.

Nach Anspruch 12 ist in der Stützkonstruktionsoberfläche wenigstens eine Luft- oder Gasansaugöffnung vorgesehen. In dem Flächenelement ist auch wenigstens ein Loch angeordnet, wobei das Loch der Ansaugöffnung nicht deckungsgleich in Gegenüberlage ist. Wenn an die Ansaugöffnung ein Unterdruck angelegt ist, wird das Flächenelement vom äußeren Luftdruck gegen die Stützkonstruktionsoberfläche gedrängt. Dabei legt sich das dünne und biegsame Flächenelement an die Kontur der Stützkonstruktionsoberfläche an und wird dadurch örtlich stabilisiert. Durch die Schwingungsbewegung des Flächenelements wird jedoch ein direkter Kontakt mit der Stützkonstruktionsoberfläche verhindert, so daß auch bei dieser Ausführungsform das Flächenelement parallel zur Oberfläche der Stützkonstruktion schwebt. Da in dem Flächenelement ebenfalls wenigstens ein Loch vorgesehen ist, ist diese Ausführungsform z. B. als Greifer gut geeignet, da ein flaches Bauteil von oben erfaßt, d. h. angesaugt werden kann.

15

Wenn in dem Flächenelement keine Löcher vorgesehen werden, ist diese Ausführungsform besonders dafür geeignet, Transportbahnen auszubilden, die keine plane Oberfläche aufweisen.

20 Nach Anspruch 13 wird eine Vorrichtung zum Transportieren unter Verwendung der Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 bis 12 beansprucht, wobei unter Transportieren das Bewegen von Gegenständen auf einer waagerechten oder leicht geneigten Bahn von A nach B verstanden wird.

25 Nach Anspruch 14 wird eine Vorrichtung zum Greifen unter Verwendung der Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 bis 12 beansprucht, wobei unter Greifen das Aufnehmen, Transportieren und Ablegen von Bauteilen verstanden wird. Eine solche Vorrichtung kann z. B. in einem Mehrgelenkroboter integriert sein.

30

Nach Anspruch 15 wird eine Lager- und Haltevorrichtung unter Verwendung der Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 bis 12 beansprucht. Da-

mit ist es z. B. möglich, Teile berührungslos zwischenzulagern, bis sie darauffolgend dem nächsten Bearbeitungsschritt zugeführt werden.

Nach Anspruch 16 wird unter Verwendung der Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 bis 12 ein Lager bereitgestellt, in dem sich berührungslos eine Welle dreht. Dazu ist die Stützkonstruktion als Rohr ausgebildet. Das Flächenelement liegt an der Innenwandung des Rohres an, ohne diese zu berühren.

Nach Anspruch 17 wird ein Verfahren zum Erzeugen eines Schwebezustandes durch Schallelevation für einen Gegenstand beansprucht, der wenigstens einen Flächenabschnitt aufweist, der für eine Schallelevation geeignet ist, wobei dieser Flächenabschnitt über einer schallabstrahlenden Fläche schwebt, wobei das Verfahren nachfolgende Verfahrensschritte aufweist:

- Bereitstellen einer starren Stützkonstruktion mit einer Stützkonstruktionsoberfläche zur Aufnahme von Kräften, die durch Gravitation oder Beschleunigung des schwebenden Gegenstandes senkrecht zu der Stützkonstruktionsoberfläche wirken,
- Bereitstellen eines dünnen schwingungsfähigen Flächenelements, das parallel zu der Stützkonstruktionsoberfläche angeordnet ist,
- Bereitstellen von Schwingungserzeugungsmitteln, um das dünne schwingungsfähige Flächenelement in solche Schwingungen zu versetzen, daß das Flächenelement berührungslos über der Stützkonstruktionsoberfläche schwebt und der Gegenstand über dem Flächenelement schwebt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert.

- Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform der Erfindung.
Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung.
Fig. 3 zeigt eine dritte Ausführungsform der Erfindung.

- Fig. 4 zeigt eine vierte Ausführungsform der Erfindung.
Fig. 5 zeigt eine fünfte Ausführungsform der Erfindung.
Fig. 6 zeigt eine sechste Ausführungsform der Erfindung.
Fig. 7 zeigt eine siebente Ausführungsform der Erfindung.

5

Die Fig. 1 ist die Seitenansicht einer waagerechten Transportbahn, auf der eine flache Scheibe 1 in Pfeilrichtung zu befördern ist. Eine Stützkonstruktion 2 mit einer Stützkonstruktionsoberfläche 3 ist so ausgelegt, daß das Gewicht der Scheibe 1 oder eine andere Einwirkung die Stützkonstruktion 2 nicht verformt, d. h., die Stützkonstruktion 2 ist starr ausgebildet. Über der Stützkonstruktionsoberfläche 3 ist ein 0,05 mm dickes Federstahlblech 4a angeordnet, das im Ruhezustand auf der Stützkonstruktionsoberfläche 3 aufliegt. An einem Abschnitt A ist das Blech mit einem Schwingungserzeuger 5 mechanisch starr verbunden. Wenn das Federstahlblech 4 mittels eines Schwingungsgenerators bei einer Frequenz von 30 kHz zum Schwingen angeregt wird, löst es sich von der Stützkonstruktionsoberfläche 3 und schwebt über dieser berührungslos in ca. 0,02 mm Abstand. Die erforderliche Frequenz wählt der Fachmann unter Berücksichtigung der Geometrie und der Materialeigenschaften des Bleches aus. Wenn auf das Blech ein Wafer gelegt wird, schwebt er berührungslos und kann mittels verschiedener, aus dem Stand der Technik bekannter Beschleunigungsmittel bewegt werden. Solche Beschleunigungsmittel sind z. B. die Gravitationskraft bei geneigter Transportbahn oder Anstrahlen mit Schall.

Die Fig. 2 weist den gleichen Aufbau wie Fig. 1 auf. Anstelle des Federstahlbleches ist eine Piezofolie 4b eingesetzt, deren Oberfläche metallisiert ist. Piezofolien gibt es in starrer keramischer Ausführung und aus Polymerwerkstoff. An der metallisierten Oberfläche sind elektrische Anschlüsse angeordnet, die mit einem Frequenzgenerator verbunden sind. Der Vorteil von Polymerpiezofolie ist der große frei wählbare Frequenzbereich der Dikenschwingungen.

30

Die Fig. 3 weist ebenfalls den gleichen Aufbau wie Fig. 1 auf. Anstelle des Federstahlbleches ist eine Folie 4c aus magnetostraktivem Material eingesetzt. In der Stützkonstruktion aus Kunststoff sind Magnetspulen 5 so integriert, daß ein durch Stromfluß erzeugtes magnetisches Wechselfeld die Folie zum Schwingen anregt.

Die Fig. 4 zeigt die Draufsicht einer Transportbahn nach Fig. 1, jedoch mit drei Federstahlblechen 4₁, 4₂, 4₃, die separat angesteuert werden. Diese Anordnung kann sowohl als Führung als auch als Weiche dienen. Wenn die Bleche 4a und 4c stärker schwingen als das Blech 4b, wird die Scheibe 1 zentriert und entlang der Bahnmitte ohne äußere Anschläge geführt. Wenn das Blech 4a stärker schwingt als das Blech 4b und auch das Blech 4b stärker schwingt als das Blech 4c, gleitet die Scheibe in Pfeilrichtung R von der Bahn, so daß eine Weichenfunktion realisiert wird.

15

Die Fig. 5 zeigt eine Haltevorrichtung für drei übereinander zu haltende bzw. zu lagernde Scheiben. Die Stützkonstruktion weist drei Etagen auf, und die Bleche 4₁, 4₂, 4₃ sind über eine Koppelvorrichtung 6 mit einem Schwingungsgenerator verbunden. Mittels dieser Vorrichtung können die Scheiben bis zum nächsten Bearbeitungsschritt zwischengelagert werden.

20

Die Figuren 6a, 6b zeigen jeweils die Seitenansicht und die Draufsicht einer Greifvorrichtung mit einer Stützkonstruktion 2a, die Ansauglöcher 7 aufweist. Über der Stützkonstruktion ist ein Lochblech 8 angeordnet. Wenn die Greifvorrichtung aktiviert wird, wird vorzugsweise zuerst der Schwingungsgenerator eingeschaltet, so daß das Lochblech 8 in den Schwebezustand gelangt. Dann wird an die Ansauglöcher 7 ein Unterdruck angelegt, so daß das Lochblech in Richtung Stützkonstruktionsoberfläche gedrängt wird. Das Ansaugen bewirkt also eine Fixierung des beabstandet schwingenden Lochblechs 8 in Gegenüberlage der Stützkonstruktionsoberfläche. Wenn eine Scheibe 1 auf dem Lochblech 8 berührungslos schwebt, wird diese nach dem gleichen Prinzip, nach dem das Lochblech 8 fixiert

30

wird, ebenfalls fixiert. Diese Greifvorrichtung kann in einem Mehrgelenkroboter eingesetzt werden, so daß die Scheibe in frei wählbaren Raumbahnen bewegbar ist. Durch spezielle Ausbildung der Strömungsverhältnisse kann auf eine seitliche Fixierung der Scheibe verzichtet werden.

5

Die Fig. 7 zeigt ein Lager, in dem sich eine Welle berührungslos dreht. Dazu ist die Stützkonstruktion als Rohr 10 ausgebildet. Das Flächenelement 4 liegt an der Innenwandung des Rohres 10 an.

- 10 Es ist klar, daß sich nach diesem Prinzip auch eine geschlossene (rohrförmige) Transportstrecke für Materialien aufbauen läßt, wodurch z. B. bei pulverförmigen Stoffen ein sehr geringer Reibungswiderstand an der Rohrwandung ermöglicht wird.

15

20

25

30

Ansprüche

- 5 1. Vorrichtung zum Erzeugen eines Schwebezustands durch Schallelevation eines Gegenstands **(1)**, der wenigstens einen Flächenabschnitt aufweist, der für eine Schallelevation geeignet ist, wobei dieser Flächenabschnitt über einer schallabstrahlenden Fläche schwebt, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vorrichtung nachfolgende Merkmale aufweist:
- 10 - eine starre Stützkonstruktion **(2)** mit einer Stützkonstruktionsoberfläche **(3)** zur Aufnahme von Kräften, die durch Gravitation oder Beschleunigung des schwebenden Gegenstandes senkrecht zu der Stützkonstruktionsoberfläche **(3)** wirken,
- ein dünnes schwingungsfähiges Flächenelement **(4)**, das parallel zu der
- 15 Stützkonstruktionsoberfläche **(3)** angeordnet ist,
- Schwingungserzeugungsmittel **(5)**, um das dünne schwingungsfähige Flächenelement **(4)** in solche Schwingungen zu versetzen, daß das Flächenelement **(4)** berührungslos über der Stützkonstruktionsoberfläche **(3)** schwebt und der Gegenstand **(1)** über dem Flächenelement **(4)** schwebt.
- 20
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das dünne schwingungsfähige Flächenelement **(4)** ein Metallblech **(4a)** oder eine Kunststoffplatte mit vergleichbaren Schwingungseigenschaften ist und das Schwingungserzeugungsmittel eine Vorrichtung zur Erzeugung mechanischer Schwingungen ist, die mit dem Metallblech oder mit der Kunststoffplatte so gekoppelt ist, daß die Schwingungen auf das Metallblech oder auf die Kunststoffplatte übertragen werden.
- 25
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das dünne schwingungsfähige Flächenelement eine elektrostriktiv anregbare Piezofolie
- 30 **(4b)** ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das dünne schwingungsfähige Flächenelement eine magnetostriktiv anregbare Materialfolie (4c) ist, wobei das Material magnetostriktive Eigenschaften aufweist und eine Vorrichtung zur magnetostriktiven Anregung vorgesehen ist.
- 5
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das dünne schwingungsfähige Flächenelement (4) eine elektrostriktiv anregbare Materialfolie ist, wobei das Material elektrostriktive Eigenschaften aufweist und eine Vorrichtung zur elektrostriktiven Anregung vorgesehen ist.
- 10
6. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ankopplung mittels einer mechanisch starren Koppelvorrichtung erfolgt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ankopplung über ein Zwischenmedium erfolgt.
- 15
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Zwischenmedium gasförmig ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Zwischenmedium flüssig ist.
- 20
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das dünne schwingungsfähige Flächenelement (4) so angesteuert wird, daß es mit unterschiedlichen Frequenzen und/oder Amplituden schwingt.
- 25
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere Flächenelemente (4) angeordnet und selektiv ansteuerbar sind.
- 30

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der Stützkonstruktionsoberfläche wenigstens eine Luft- oder Gasansaugöffnung (7) vorgesehen ist und in dem Flächenelement (8) wenigstens ein Loch angeordnet ist, wobei die Ansaugströmungsverhältnisse so eingestellt sind, daß der Gegenstand über dem Loch angesaugt wird und von dem Luftfilm des schwingenden Flächenelements in einem vorbestimmten Abstand zur Oberfläche des Flächenelements gehalten wird.

10 13. Vorrichtung zum Transportieren unter Verwendung der Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 bis 12.

14. Greifvorrichtung unter Verwendung der Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 bis 12.

15

15. Lager- und Haltevorrichtung unter Verwendung der Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 bis 12.

16. Lager unter Verwendung der Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 bis 12, wobei die Stützkonstruktion ein Rohr (10) ist.

17. Verfahren zum Erzeugen eines Schwebezustandes durch Schallelevation eines Gegenstands (1), der wenigstens einen Flächenabschnitt aufweist, der für eine Schallelevation geeignet ist, wobei dieser Flächenabschnitt über einer schallabstrahlenden Fläche schwebt, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Verfahren nachfolgende Verfahrensschritte aufweist:

- Bereitstellen einer starren Stützkonstruktion (2) mit einer Stützkonstruktionsoberfläche zur Aufnahme von Kräften, die durch Gravitation oder Beschleunigung des schwebenden Gegenstandes senkrecht zu der Stützkonstruktionsoberfläche wirken,
- Bereitstellen eines dünnen schwingungsfähigen Flächenelements (4), das parallel zu der Stützkonstruktionsoberfläche (3) angeordnet ist,

- Bereitstellen von Schwingungserzeugungsmitteln (5), um das dünne schwingungsfähige Flächenelement (4) in solche Schwingungen zu versetzen, daß das Flächenelement (4) berührungslos über der Stützkonstruktionsoberfläche schwebt und der Gegenstand (1) über dem Flächenelement (4) schwebt.

10

15

20

25

30